



سخن از دور

GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران  
Iranian Remote Sensing & GIS

سال دهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۷  
Vol.10, No. 2, Summer 2018

۳۳-۴۴

## تدقیق رقومی سازی قطعات ثبتی با تکیه بر حفظ مساحت و طول‌های چندضلعی

آرش حاذقی اقدم<sup>۱\*</sup>، حسین هلالی<sup>۲</sup>، علی اصغر آل شیخ<sup>۳</sup>

۱. کارشناس ارشد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲. دکتری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۳. استاد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۲۱

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۹/۲

### چکیده

تمامی اسناد املاک کاغذی قدیمی کشور باید به نقشه‌های رقومی زمین‌مرجع تبدیل گردند. در رقومی‌سازی قطعات، برای ورود به سامانه حدنگاری، لازم است فرم رقومی چندضلعی، از نظر مساحت و ابعاد محیطی، با سند قبلی مطابقت داشته باشد. در فرایند رقومی‌سازی، ویژگی‌های هندسی عوارض، همچون مساحت چندضلعی‌ها، تغییر می‌یابد. حفظ مطابقت طول‌ها و مساحت مانع از بروز مغایرت در اسناد و ایجاد اختلافات ثبتی و معاملاتی می‌شود. برای رفع این مشکل در این تحقیق، فرایند رقومی‌سازی با ثابت‌نگه‌داشتن طول‌های اضلاع و حفظ مساحت چندضلعی‌ها، زوایای رئوس چندضلعی‌ها به‌منزله مشاهده در نظر گرفته می‌شود و روشی مبتنی بر سرشکنی کمترین مربعات، با استفاده از معادلات شرط، مطرح می‌گردد. در این فرایند، مختصات جهانی به محل‌های ثابت نقشه رقومی شده نسبت داده می‌شود و با حفظ طول اضلاع و با کمترین تغییر موقعیت رئوس، مساحت درج‌شده در سند، به‌قصد مطابقت مورد نظر تأمین می‌شود. برای بررسی این روش، نقشه‌ای کاغذی که شش قطعه ثبتی، با مساحت‌های حدود هزار مترمربع در مقیاس ۱:۱۰۰۰، را دربر دارد اسکن شد و رقومی‌سازی، با تکیه بر حفظ مساحت و طول‌های چندضلعی‌ها، صورت گرفت. نتایج نشان می‌دهد که میانگین، حداکثر و حداقل مقدار جابه‌جایی رئوس با روش سرشکنی به‌طور متوسط، به‌ترتیب، برابر ۱۹.۳۱، ۲۶.۹۶ و ۱۰.۵۰ سانتی‌متر است که با توجه به مقیاس نقشه و قوانین حدنگاری قطعات زراعی و اراضی ملی، از لحاظ ثبتی مناسب به‌نظر می‌رسد و تدقیق صورت گرفته در رقومی‌سازی، با توجه به مطابقت ایجادشده، مقبول و مطلوب است.

**کلیدواژه‌ها:** قطعات ثبتی، رقومی‌سازی، حفظ مساحت، حفظ ابعاد محیطی، سرشکنی زوایای چندضلعی.

\* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: تبریز، ولیعصر، نگین پارک، بلوک ۴، راه‌پله آ. تلفن: ۰۹۱۴۸۱۵۶۰۴۰

## ۱- مقدمه

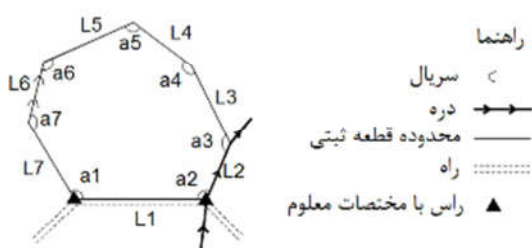
برای رعایت حقوق صاحبان زمین در ایجاد کاداستر رقومی، نقشه‌های قدیمی ثبتی زمین را باید رقومی کرد. از سویی، با تصویب قانون حدنگاری در سال ۱۳۹۳ (قانون جامع حدنگار کشور، ۱۳۹۳)، ثبت تمامی اسناد قدیمی کشور در سامانه حدنگاری ضرورتی است که تبدیل نقشه‌های کاغذی به فرم رقومی زمین مرجع را می‌طلبد. روش‌های گوناگونی برای زمین مرجع کردن وجود دارد؛ مانند استفاده از چندجمله‌ای‌ها (Brovelli and Minghini, 2012). برخی از تحقیقات نیز به شیوه استفاده از عکس‌های ماهواره‌ای برای استخراج حدود املاک پرداخته‌اند (Wassie et al., 2018) و برخی روش تعیین مساحت قطعات زمین را بررسی کرده‌اند (Berk and Ferlan, 2018). در اسناد قدیمی، ابعاد قطعات زمین به همراه مساحت آن‌ها، درون اسناد، قید شده است. این اسناد معمولاً دارای نقشه‌ای کاغذی‌اند که اندازه اضلاع و مساحت قطعه زمین را دربر دارد. به‌منظور ثبت سند قطعات در سامانه حدنگاری، طبق مقررات ثبتی لازم است فرم رقومی چندضلعی، از نظر مساحت و ابعاد اضلاع، با سند قبلی مطابقت داشته باشد.

از جمله تحقیقات متعددی که برای رقومی سازی نقشه‌های کاغذی انجام شده آزمایش‌هایی در رابطه با میزان جابه‌جایی مختصات روی عوارض گوناگون، روی کاغذ و لایه پولیستری و با استفاده از چهار اپراتور متفاوت، بوده است که نشان داد مهارت اپراتور تأثیر بسیاری در صحت رقومی سازی دارد (Bolstad et al., 1990). تحقیق دیگری خطاهای موجود در فرایند رقومی سازی را بررسی و مشخص کرده است، به دلیل خطاهای اپراتوری و پهنای خطوط ترسیمی، در فرایند رقومی سازی، عدم قطعیت دیده می‌شود (Dunn et al., 1990). برخی دیگر رقومی سازی را با نقشه‌های اسکن شده و عکس‌های پوشش‌دار انجام داده‌اند و میزان خطای موجود در نقاط رقومی شده را بررسی کرده‌اند (Roggero, Soletti, 2015). تحقیقاتی نیز به جنبه

خطاهای توپولوژیکی، هنگام رقومی سازی، پرداخته‌اند و در آنها چگونگی برطرف شدن هریک از خطاها، با نرم‌افزارهای مورد استفاده، بررسی شده است (Chrisman, 1987). مجموع تحقیقات یادشده نشان می‌دهد که فرایند رقومی سازی، به دلیل تغییر ماهیت داده‌ها، همواره با خطای معتنابهی همراه است؛ بنابراین، با توجه به وجود منابع خطای متعدد، عرضه روشی برای کاهش این خطاها ضروری به نظر می‌رسد.

در فرایند رقومی سازی، خطاهایی وجود دارند که منجر به تغییر برخی از ویژگی‌های عوارض (Tuno et al., 2017)، مانند مساحت چندضلعی‌ها، می‌شوند. فعالیت‌هایی نیز برای حذف خطاهای رقومی سازی انجام گرفته است که از جمله آنها می‌توان به استفاده از معادلات شرط و در نظر داشتن مختصات رئوس چندضلعی‌ها، به‌منزله مشاهدات، و سرشکن کردن این مختصات‌ها برای برابری مقدار مساحت چندضلعی رقومی شده با مساحت چندضلعی روی کاغذ، که مساحت آن مشخص بود، اشاره کرد (Tong et al., 2005). روش دیگری نیز برای کاهش مقدار اختلاف در طول‌ها و مساحت‌های چندضلعی‌ها، با استفاده از رفع اعوجاجات هندسی موضعی نقشه‌های ثبتی، ایجاد شده است (رمضانی و سعادت سرشت، ۱۳۹۵). در این روش، رفع اعوجاجات هندسی، پس از تبدیل نقشه‌ها به صورت برداری انجام گرفته است. به دلیل اینکه نقشه‌های کاغذی با مدادهایی ترسیم شده‌اند که ضخامت نوک آنها متفاوت است، در فرایند رقومی سازی، انتخاب موقعیت رئوس چندضلعی منجر به ایجاد خطا می‌شود. این یکی از عوامل تأثیرگذار و مهم در تطابق‌نداشتن مساحت درج شده در نقشه‌های ثبتی محسوب می‌شود که، در تحقیقات پیشین، به آن توجه کمتری شده است. بنابراین، تحقیقات گذشته بیان می‌کنند که، در فرایند رقومی سازی نقشه‌های ثبتی کاغذی، خطاهایی وجود داشته است و از سویی، بیشتر این تحقیقات بر استفاده از روش سرشکنی خطاها تکیه کرده‌اند. تفاوت تحقیقات پیشین در روش‌های بیان شده در حوزه

چندضلعی به همراه مساحت آن نوشته می‌شود اما اندازه زوایای داخلی چندضلعی درج نمی‌گردد. در این گونه نقشه‌ها، برخی از اضلاع املاک بر عوارض مانند دره، سریال و حاشیه راه منطبق‌اند. برای انطباق نقشه‌های ثبتی بر این عوارض، از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای استفاده می‌شود (لطفی و سالک قهفرخی، ۱۳۹۱).



شکل ۱. نمونه‌ای شماتیک از نقشه قطعات ثبتی

همچنین، برخی از رئوس چندضلعی ممکن است نقاط ثابتی، مانند محل تقاطع دره و راه، باشند و یا نقاط ثابت حاصل از ارائه سند تک‌برگی قطعات ملکی مجاور، که منجر به ثابت در نظر گرفتن آن نقاط و اضلاع به هنگام رقوم‌سازی قطعه ثبتی مورد نظر شود. در بسیاری از موارد، این نقاط ثابت در بازدیدهای میدانی کارشناسان ثبتی، با استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی<sup>۲</sup> سامانه شمیم، به‌دقت، در سیستم مختصات UTM اندازه‌گیری می‌شود (شمیم، ۱۳۹۶). باید در نظر داشت که ممکن است، در نگاه اول، برداشت تمامی رأس‌های چندضلعی‌ها با استفاده از GPS، به‌منزله روش به‌روزرسانی نقشه‌ها، کاربردی جلوه کند اما حتی در این روش نیز، حفظ طول‌ها و مساحت درج‌شده در سند قبلی ضروری است و از سویی، امکان دارد اندازه اضلاع بیان‌شده روی نقشه‌های کاغذی رعایت نشود. سرشکنی زوایای  $a_1$ ،  $a_2$  ... و با استفاده از معادلات شرط، مطرح می‌کنیم. در روش سرشکنی، زوایای میان

استفاده از معادلات شرط است. در این مقاله، سرشکنی با حفظ طول‌ها و مساحت چندضلعی و رئوس با مختصات معلوم انجام می‌شود که بر اطلاعات داده‌شده در نقشه‌های ثبتی کاغذی کشور ایران منطبق است. زوایای داخلی چندضلعی‌های به‌دست‌آمده در فرایند رقوم‌سازی به‌منزله مشاهدات در نظر گرفته می‌شود و در فرایند سرشکنی معادلات شرط، به‌منظور مطابقت مساحت چندضلعی رقوم‌ی شده با مساحت موجود در نقشه کاغذی، زوایا اندکی تغییر می‌یابند؛ به‌گونه‌ای که میزان جابه‌جایی رئوس در تلورانس خطای مجاز مقیاس واقع شود.

نقشه‌های ثبتی قدیمی از نوع کاغذی‌اند (Carter and Heuangsavath, 2007; Wan and Williamson, 1995)؛ حال آنکه در اسناد قدیمی، ابعاد قطعات زمین به‌همراه مساحتشان درون اسناد قید شده است (آیین‌نامه حدود نقشه املاک، ۱۳۷۹). بنابراین، لازم است در تولید نقشه‌های جدید اسناد تک‌برگی که براساس مختصات UTM<sup>۱</sup> عرضه می‌شوند، این دو ویژگی را حفظ کرد تا مغایرتی در اسناد وجود نداشته باشد. همچنین، در بسیاری از قطعات ثبتی کشاورزی و منابع طبیعی، عوارض به محل مشخصی محدود است که با دقت زیر متر تشخیص و قابل رؤیت نیستند؛ در نتیجه، رعایت حدود در این شرایط با رعایت اندازه‌های درج‌شده روی نقشه امکان‌پذیر می‌شود. از سویی، با استناد به مواد ۳۵۵ و ۳۸۴ قانون مدنی و ماده ۱۴۹ قانون ثبت املاک و اسناد، وجود مغایرت در مساحت قطعات زمین در اسناد جدید ممکن است منجر به از بین رفتن حقوق مالکان و ایجاد مشاجرات میان مالک و متصدیان اداره ثبت و از همه مهم‌تر، بی‌اعتماد شدن مردم به اداره ثبت شود (کیایی، ۱۳۷۶)؛ قانون مدنی، ۱۳۱۴؛ قانون اصلاح قانون ثبت اسناد و املاک مصوب ۱۳۱۰ و قانون اشتباهات ثبتی در اسناد معارض مصوب ۱۳۳۳).

شکل ۱ نمونه‌ای شماتیک از نقشه قطعات ثبتی مورد بحث است. در این نقشه‌ها، اندازه اضلاع

1. Universal Transverse Mercator  
2. GPS

افاین<sup>۱</sup> و پروجکتیو<sup>۲</sup>، زمین مرجع می شوند و با استفاده از نقاط ثابت مختصات دار، در محل مختصات قرار می گیرند. سپس، اندازه اضلاع با اندازه نوشته شده روی کاغذ مقایسه می شود تا درستی نوشته ها مشخص شود. در صورتی که اندازه اضلاع نوشته شده صحیح نباشد، نقشه ممکن است به شکل کروکی باشد و یا به درستی ترسیم نشده باشد؛ بنابراین، از روش مطرح شده در این تحقیق نمی توان استفاده کرد. سپس زوایای میان اضلاع، با استفاده از نقشه اسکن شده، اندازه گیری و به منزله مشاهده، در نظر گرفته می شود. از آنجاکه اندازه گیری برخی از زاویه ها با توجه به شرایط نقشه ها دقیق تر صورت می گیرد، در فرایند سرشکنی، وزن بیشتری به این زوایا اختصاص می یابد. پس از طی این فرایند، معادلات شرط، که در این بخش بیان می شوند، شکل می گیرند و با استفاده از روابط سرشکنی این معادلات، اندازه زوایا سرشکن می شود تا چندضلعي، با اضلاع و مساحت برابر، پدید آید. اکنون اگر مقدار جابه جایی رئوس، در مقایسه با نقشه اسکن شده، بیشتر از حد مجاز نباشد؛ چندضلعي به دست آمده در جایگاه چندضلعي رقومی شده پذیرفته می شود. حد مجاز جابه جایی، با توجه به مقیاس نقشه ها برای رئوس، حداکثر یک متر لحاظ شده است. مراحل رقومی سازی نقشه ها در دیاگرام شکل ۲ نشان داده شده است. در غیر این صورت، یا مساحت نوشته شده صحیح نیست و یا با روش مطرح شده نمی توان به چندضلعي مفروض دست یافت.

البته باید در نظر داشت که  $n$  ضلعي منحصر به فردی را، در صورت در دست بودن طول تمامی اضلاع و  $n-3$  زاویه، می توان ایجاد کرد؛ حال آنکه در رقومی سازی، با در دست بودن مساحت به منزله اطلاعات اضافی، و داشتن  $n-4$  زاویه، می توان  $n$  ضلعي منحصر به فرد را ایجاد کرد. در نتیجه، با اطلاع از اندازه طول ها و مساحت

برای رفع این مشکل، در این تحقیق، روشی بر پایه اضلاع با طول معین را، که روی نقشه کاغذی نوشته شده است، به منزله مشاهده در نظر می گیریم و با استفاده از روابط میان مساحت چندضلعي و شرط بست ضلعي (رابطه (۶))، به همراه شرط بسط زاویه ای (رابطه (۷)) که به صورت معادله شرط است، آنها را سرشکن می کنیم. همچنین حالات متفاوت مسئله را، با در نظر داشتن ارتباط چندضلعي ها و وجود نقاط ثابت با مختصات معلوم، بررسی می کنیم تا تغییرات موجود در معادلات شرط را توضیح دهیم.

ساختار مقاله پیش رو بدین صورت است: بخش مواد و روش ها رویکرد پیشنهادی و داده مورد استفاده برای ارزیابی را بررسی می کند. در بخش نتایج، با رقومی سازی چندضلعي های ترسیم شده روی کاغذ، روش پیشنهادی بر مبنای سرشکنی معادلات شرط بررسی می شود. بخش بعدی نیز به نتیجه گیری و پیشنهادها اختصاص دارد.

## ۲- مواد و روش ها

در این تحقیق، چندضلعي هایی دارای تعداد اضلاع متفاوت، با نقاط ثابت در مقیاس ۱:۱۰۰۰ و مساحت های حدود هزار مترمربع، به صورت دستی روی کاغذ ترسیم شدند تا به صورت نمونه ای از نقشه های حدنگاری کاغذی، برای ارزیابی رویکرد پیشنهادی، به کار روند. نقشه ترسیمی این چندضلعي ها، در بخش نتایج در شکل ۷، نشان داده شده است.

برای بیان رویکرد پیشنهادی به منظور رقومی سازی نقشه های حدنگاری، بیان روابط مورد استفاده و در نظر داشتن شرایط متفاوت ضروری است که، در این بخش، آنها را بررسی می کنیم.

### ۲-۱- رویکرد پیشنهادی برای حفظ مساحت به منظور

#### رقومی سازی چندضلعي ها

در این رویکرد، نقشه های اسکن شده، با تبدیلاتی مانند

1. Affine  
2. Projective

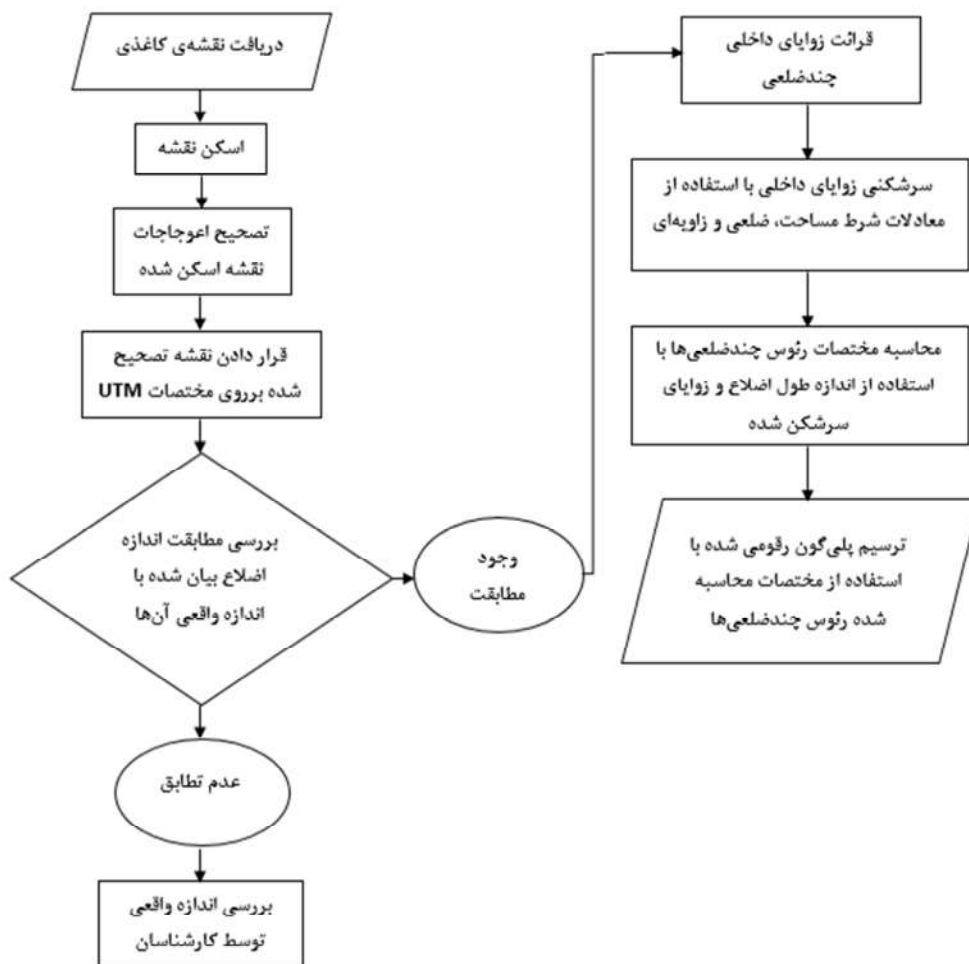
۲-۲- روابط مورد استفاده برای سرشکنی معادلات شرط برای سرشکنی معادلات شرط، از روابط (۱) و (۲) استفاده می‌شود (Mikhail and Ackermann, 1976). این معادله‌ها مشاهدات را به صورت تکرارشونده سرشکن می‌کنند:

$$r = -Cl * B' * inv(B * Cl * B') * w \quad (۱)$$

$$lcap = l + r \quad (۲)$$

در این روابط، Cl ماتریس مربعی بیانگر دقت مشاهدات، B بیانگر ژاکوبین معادلات شرط در مقایسه با مشاهدات، w بردار باقی‌مانده، r بیانگر بردار مقدار تعدیل مشاهدات و lcap بیانگر مشاهدات سرشکن شده است.

چندضلعی‌هایی که بیشتر از چهار ضلع دارند، با تغییر اندازه زوایا، n ضلعی‌های بی‌شماری می‌توان ایجاد کرد. در این مقاله، از روش سرشکنی کمترین مربعات استفاده شد تا میزان جابه‌جایی رؤوس به کمترین میزان برسد. به علاوه، باید توجه داشت که وجود نقاط ثابت با مختصات معلوم نیز ممکن است منجر به ایجاد چندضلعی یکه شود که، در این شرایط، برای به‌دست آوردن زوایا می‌توان از محاسبات هندسی استفاده کرد و دیگر نیازی به روش سرشکنی نیست.



شکل ۲. دیاگرام رویکرد پیشنهادی برای تدقیق رقومی‌سازی چندضلعی‌های قطعات ثبتی

### ۲-۲-۱- روابط محاسبه مختصات رئوس بر مبنای

#### زوایای مجهول

هدف ما ایجاد چندضلعي با مساحت برابر است؛ بنابراین، مقدار زوایا مجهول است و مختصات رئوس اهمیت چندانی ندارند. به همین دلیل، برای ایجاد روابط ذیل، دو رأس پشت سرهم را ثابت و ژیزمان امتداد میان آن دو را ۹۰ درجه در نظر می گیریم. ژیزمان امتدادها، بر حسب زوایای مجهول، به صورت پارامتریک به دست می آید و سپس از روابط (۳) و (۴) برای به دست آوردن مختصات رأس های دیگر، بر حسب

### ۲-۲-۳- معادله شرط بسط ضلعي

برای ایجاد این شرط، از مختصات رأس دوم که به صورت ثابت در نظر گرفته ایم، آغاز می کنیم و مختصات رأس اول را، با در دست داشتن طول ها و مجهول در نظر داشتن زوایا، محاسبه می کنیم (دیانت خواه، ۱۳۸۸). این رابطه را به این دلیل به کار می بریم که زوایا، در طول عملیات سرشکنی، به گونه ای تنظیم شوند که مختصات محاسباتی رأس اول با مختصات رأس اول برابر شود. این شرط مکمل شرط مساحت است زیرا، در شرط مساحت، از زاویه آخر استفاده نشده است.

رابطه (۶)

$$\sqrt{(x_2 - x_1 + \sum_{i=1}^n l_i * \sin(G_i))^2 + (y_2 - y_1 + \sum_{i=1}^n l_i * \cos(G_i))^2} = 0$$

### ۲-۲-۴- معادله شرط زاویه ای

این رابطه بیان می کند مجموع زوایای داخلی چندضلعي ها برابر است با تعداد اضلاع منهای دو، ضربدر ۱۸۰، که معادله شرط آن با این رابطه نوشته می شود (دیانت خواه، ۱۳۸۸: ۲۵۸):

$$\sum_{i=1}^n a_i - (n - 2) * \pi = 0 \quad \text{رابطه (۷)}$$

در این رابطه،  $a_i$  زاویه رئوس و  $n$  تعداد اضلاع چندضلعي است.

### ۲-۲-۳- بررسی حالت های گوناگون چندضلعي ها و نقاط

#### ثابت دارای مختصات معلوم

با توجه به ارتباط چندضلعي ها با یکدیگر و وجود اطلاعات اضافی، ممکن است حالت های متفاوتی ایجاد شود که، در دو دسته شرایط گوناگون چندضلعي ها و وجود رئوس ثابت با مختصات معلوم، بررسی می شوند.

چندضلعي ها ممکن است، به نسبت یکدیگر، در شرایط متفاوتی قرار بگیرند تا مساحتشان با هم مرتبط شود. در این تحقیق، این شرایط را به دو دسته تقسیم می کنیم:

### ۲-۳-۱- چندضلعي داخل چندضلعي

این شرایط زمانی رخ می دهد که مساحت چندضلعي

زوایای مجهول، استفاده می شود. در این رابطه،  $G$  ژیزمان امتداد میان رأس قبلی و رأس مجهول و  $L$  طول میان این دو رأس شمرده می شود و در این مقاله، فرض بر معلوم بودن این مقدار است (دیانت خواه، ۱۳۸۸).

$$x = x_0 + L * \sin(G) \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$y = y_0 + L * \cos(G) \quad \text{رابطه (۴)}$$

با استفاده از این معادلات و در نظر گرفتن ژیزمان امتدادهای اضلاع به صورت تابعی از زوایای مجهول، مختصات رئوس به نسبت زوایای مجهول به دست می آید. از این روابط، برای ایجاد معادلات شرط مساحت و بسط ضلعي بر اساس زوایای مجهول، استفاده می شود.

### ۲-۲-۲- معادله شرط مساحت چندضلعي

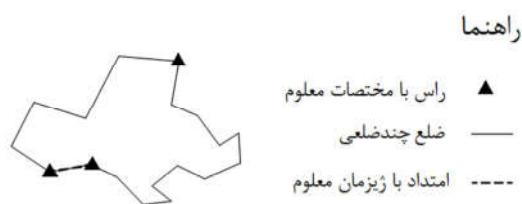
پس از محاسبه مختصات رئوس بر مبنای زوایای مجهول، می توان معادله شرط مساحت را بر اساس زوایای مجهول، با استفاده از رابطه (۵)، ایجاد کرد (دیانت خواه، ۱۳۸۸).

$$\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1}) - S_0 = 0 \quad \text{رابطه (۵)}$$

که در آن،  $x_i$  و  $y_i$  مختصات رأس ها و  $S_0$  مختصات نوشته شده روی نقشه کاغذی است.

شکل ۳، در صورت تقاطع دو دایره با شعاع‌های برابر با طول اضلاع، دو نقطه به دست می‌آید. از طرفی، باید توجه داشت که نقشه کاغذی موجود است و این نقشه نشان می‌دهد زاویه داخلی، در رأس مورد نظر، بیشتر یا کمتر از ۱۸۰ درجه است. بنابراین، با داشتن این اطلاعات، مختصات رأس مورد نظر به دست می‌آید و زاویه صحیح آن نیز محاسبه می‌شود. بنابراین، وقتی در معادلات شرط به آن زاویه نیاز بود، مقدار آن وارد معادله می‌شود و هرگاه لازم باشد ژیزمان امتدادی، بر حسب آن زاویه، به صورت پارامتریک محاسبه شود؛ مقدار محاسبه شده آن زاویه به کار می‌رود. در نتیجه، مقدار این زاویه سرشکن نمی‌شود.

۲. وقتی فقط دو رأس متوالی مختصات معلوم داشته باشند (شکل ۴).



شکل ۴. وجود دو رأس متوالی با مختصات معلوم

ابتدا، آن دو نقطه را نقاط ابتدایی در نظر می‌گیریم و با استفاده از ژیزمان آنها، ژیزمان امتدادهای دیگر را با استفاده از زوایای مجهول و معلوم، به صورت پارامتریک، می‌یابیم و مختصات رئوس را، به صورت پارامتریک، محاسبه می‌کنیم تا در معادلات شرط استفاده شوند. در ایجاد معادله شرط ضلعی، باید توجه داشت که اگر نقطه معلوم دیگری وجود داشته باشد، شرط ضلعی میان نقاط معلوم پدید می‌آید. بنابراین در شکل ۴، دو شرط ضلعی ایجاد می‌شود.

۳. وجود رأس‌های با مختصات معلوم، به صورت پراکنده (شکل ۵).

داخلی و همچنین، مساحت میان دو چندضلعی روی نقشه نوشته می‌شود. برای حل این گونه مسائل، سرشکنی یک بار برای چندضلعی داخل و یک بار برای چندضلعی خارجی انجام می‌شود. البته باید توجه داشت که مساحت چندضلعی بزرگ‌تر برابر مجموع دو مساحت مورد اشاره است.

### ۲-۳-۲- چندضلعی‌های متصل به هم

برخی چندضلعی‌ها، در برخی از رئوس، به یکدیگر متصل‌اند و برخی هم ضلع‌های مشترک دارند. در این موارد، هنگام سرشکن کردن معادلات شرط، همه چندضلعی‌ها در یک فرایند سرشکن می‌شوند. باید توجه داشت که مختصات رئوس مشترک، در این حالت، یک بار براساس زوایای مجهول محاسبه می‌شود و در صورت نیاز به مختصات آنها برای محاسبه مختصات رأس‌های دیگر در چندضلعی مجاور، همان روابط به کار می‌رود. اینجا ممکن است اختلاف میان مساحت کاملاً برطرف نشود ولی امکان کاهش این اختلاف وجود دارد.

با توجه به وجود رأس‌هایی با مختصات معلوم، در ایجاد معادلات شرط، شرایط متفاوتی نیز به وجود می‌آید که در این مقاله، آنها را به چهار دسته تقسیم می‌کنیم:

۱. وقتی میان دو رأس معلوم یک رأس مجهول وجود دارد: این شرایط در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳. وجود یک رأس مجهول میان دو رأس با مختصات معلوم

در این صورت موقعیت رأس مجهول، با در دست داشتن دو طول، محاسبه می‌شود. با توجه به

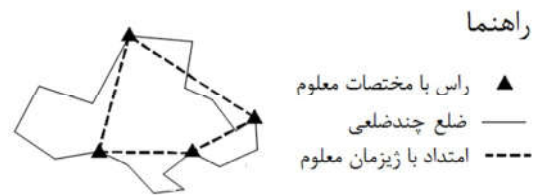
مختصات نقاط معلوم، مقادیر این مختصات مستقیم وارد معادله می‌شود و برای محاسبه مختصات رأس بعدی، همین مقادیر در ایجاد رابطه پارامتریک برحسب زوایای مجهول به‌کار می‌روند؛ بنابراین، سرشکنی نمی‌شوند.

### ۳- بحث و ارزیابی نتایج

برای ارزیابی روش پیشنهادی، از شش چندضلعی با تعداد اضلاع پنج تا ده ضلع استفاده شد که با ضخامت ۰.۳ میلی‌متر در مقیاس ۱:۱۰۰۰ ترسیم شده بودند. سپس این چندضلعی‌ها در فرایند دیگرام شکل ۲ قرار گرفتند. این چندضلعی‌ها به‌کار رفتند تا تأثیر تعداد زوایای مجهول و وجود تعداد نقاط ثابت در برخی رئوس آنها بررسی شود. چندضلعی‌ها را در شکل ۷ نشان داده‌ایم.

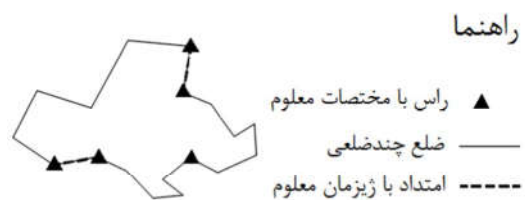
بنابراین، با در دسترس بودن نقشه‌های کاغذی اسکن شده، زوایای میان اضلاع اندازه‌گیری و به‌منزله مشاهده در نظر گرفته می‌شود. اندازه‌گیری زوایا، پس از تبدیل رستر به وکتور با استفاده از نرم‌افزارها، را می‌توان به‌صورت خودکار انجام داد. در این تحقیق، برای مقایسه اختلاف مساحت به‌دست‌آمده میان چندضلعی رقومی شده از سوی اپراتور و مساحت نوشته‌شده روی کاغذ، هر یک از چندضلعی‌ها یک‌بار نیز به‌صورت دستی رقومی شد. مقدار این اختلاف در جدول ۱ آمده است.

سپس زوایای مشاهده‌شده، به‌منظور برابری مساحت چندضلعی رقومی شده با استفاده معادلات شرط مساحت و ضلعی و زاویه‌ای، با در نظر گرفتن نقاط ثابت دارای مختصات معلوم در چندضلعی‌ها به‌منزله رئوس دارای مختصات معلوم، سرشکن شدند. در نهایت، با استفاده از زوایای سرشکن شده، مختصات رأس‌ها به‌دست آمد تا مقدار جابه‌جایی رئوس به‌نسبت مختصاتشان، قبل از ترسیم نقشه، را بتوان مقایسه کرد. جدول ۱ مقادیر جابه‌جایی رئوس به‌همراه اختلاف مساحت چندضلعی‌ها با حالت رقومی شده، پیش از سرشکنی برای چندضلعی‌ها با تعداد ضلع‌های متفاوت را، که در شکل ۷ نشان داده شده‌اند، بیان می‌کند.



شکل ۵. وجود رأس‌های دارای مختصات معلوم، به‌صورت پراکنده

در این مورد، این نقاط را به یکدیگر متصل می‌کنیم و ژیزمان امتدادها را، بر مبنای ژیزمان‌های معلوم و زوایای مجهول، به‌صورت پارامتریک پیدا می‌کنیم و با استفاده از آنها، مختصات رئوس مجهول را، برحسب زوایای مجهول، به‌دست می‌آوریم. از این مختصات در معادلات شرط مساحت و بسط ضلعی می‌توان استفاده کرد. شروط بسط ضلعی نیز میان نقاط معلوم ایجاد می‌شود. در شکل ۵، چهار شرط ضلعی پدید می‌آید. ۴. وجود رأس‌های دارای مختصات معلوم، در شرایطی که تعدادی از آنها به‌صورت متوالی قرار دارند (شکل ۶).

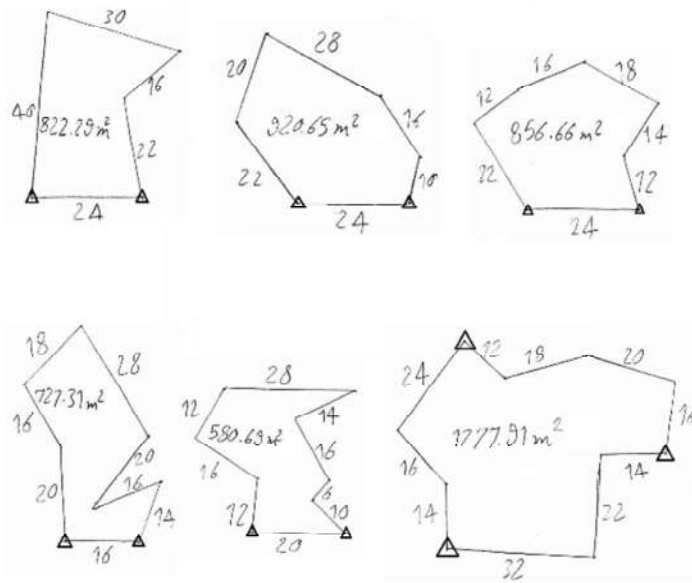


شکل ۶. وجود رأس‌های دارای مختصات معلوم که برخی به‌صورت متوالی قرار دارند

در این صورت نیز، از دو رأس متوالی شروع می‌کنیم و با استفاده از ژیزمان معلوم آنها، ژیزمان‌های دیگر را به‌صورت پارامتریک، برحسب زوایای مجهول، به‌دست می‌آوریم. هرگاه ژیزمان معلوم دیگری بین دو رأس معلوم وجود داشت، برای محاسبه دیگر ژیزمان‌ها، از آن ژیزمان معلوم استفاده می‌کنیم. در این شرایط نیز، معادلات شرط میان نقاط معلوم ایجاد می‌شود؛ بنابراین، در شکل ۶، سه شرط ضلعی پدید می‌آید. شایان ذکر است در همه این شرایط، با توجه به وجود



### آرش حاذقی اقدام و همکاران



نقاط ثابت با  $\triangle$  نشان داده شده است.

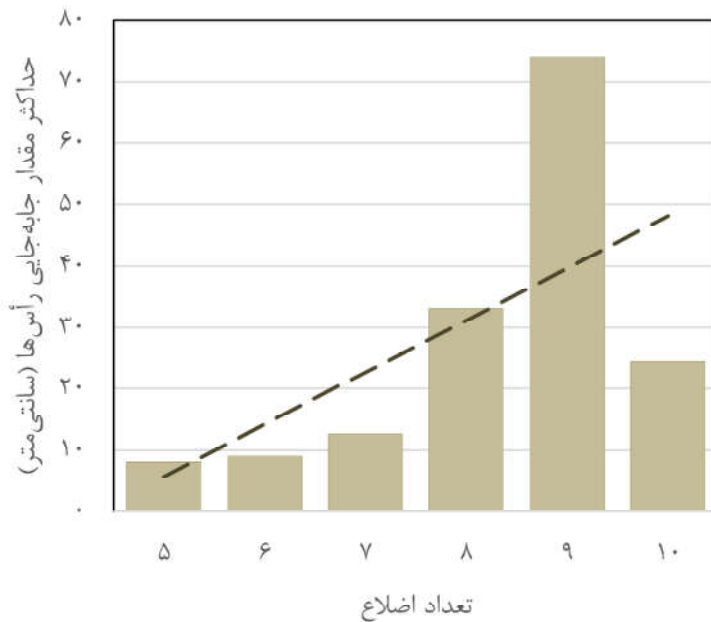
شکل ۷. چندضلعی‌های مورد استفاده برای بررسی روش پیشنهادی

جدول ۱. مقایسه روش سرشکنی زوایا برای چندضلعی‌هایی که تعداد ضلع‌هایشان متفاوت است

نوع چندضلعی	تعداد نقطه معلوم	مساحت چندضلعی (مترمربع)	اختلاف مساحت چندضلعی رقومی شده بدون سرشکنی (مترمربع)	میانگین مقدار جابه‌جایی (سانتی‌متر)	حداکثر مقدار جابه‌جایی (سانتی‌متر)	حداقل مقدار جابه‌جایی (سانتی‌متر)
پنج ضلعی	۲	۸۲۲.۲۹	۱۲.۲۰	۷.۱۷	۸.۱۶	۶.۴۹
شش ضلعی	۲	۹۲۰.۶۵	۰.۷۸	۶.۰۱	۹.۱۲	۴.۸۰
هفت ضلعی	۲	۸۵۶.۶۶	۷.۹۰	۹.۱۳	۱۲.۶۴	۵.۰۷
هشت ضلعی	۲	۷۲۷.۳۱	۲۳.۱۳	۲۴.۷۵	۳۳.۱۴	۱۲.۱۳
نه ضلعی	۲	۵۸۰.۶۹	۱۵.۰۳	۵۳.۲۰	۷۴.۱۷	۳۲.۶۴
ده ضلعی	۳	۱۷۷۷.۹۱	۲۱.۸۳	۱۵.۶۰	۲۴.۵۲	۱.۹۰
میانگین		۹۴۷.۵۸	۱۳.۴۸	۱۹.۳۱	۲۶.۹۶	۱۰.۵۰

بررسی میزان خطای روش حاضر نشان داد که تدقیق رقوم‌سازی قطعات ثبتی، با تکیه بر حفظ مساحت و طول‌های چندضلعی‌ها، خطایی کمتر از انجام دادن اپراتوری آن، با استفاده از تصاویر در دسترس، دارد. برای ارزیابی نتایج داده شده در جدول ۱، نمودار میله‌ای حداکثر مقدار جابه‌جایی رئوس، پس از انجام دادن رویکرد پیشنهادی برای چندضلعی‌ها، در شکل ۸ نشان داده شده است.

در تحقیق حاضر، براساس سرشکنی زوایای رئوس چندضلعی (کمترین مقدار جابه‌جایی موقعیت رئوس)، روشی خودکار توسعه یافت تا مدل رقوم نقشه کاغذی ثبتی بازسازی شود؛ به گونه‌ای که اندازه طول‌های بیان شده مساحت سند تأمین شود. این روش می‌تواند جایگزین روش دستی این کار شود که زمان‌بر و با سعی و خطا همراه است.



شکل ۸. نمودار میله‌ای مقایسه‌ی رویکرد پیشنهادی حفظ مساحت برای چندضلعی‌ها، با توجه به حداکثر مقدار جابه‌جایی رأس‌ها

تطابق مساحت و حفظ طول‌های مندرج، زوایا را با جابه‌جایی‌های اندک موقعیت رئوس تغییر می‌دهد و پی‌درپی، مساحت را با رایانه محاسبه می‌کند. این کار، در رایانه و با تکیه بر عکس هوایی و یا ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا برای مشاهده محل رئوس مقدور است؛ بنابراین، دقت آن فعالیت محدود به دقت تصویر مورد استفاده است.

به‌علاوه، مطابق با دستورالعمل همسان نقشه‌برداری (۱۳۸۶)، تمامی نقاط بای، با دقت ۰.۵ میلی‌متر در مقیاس نقشه، تعیین موقعیت شوند. ضخامت قلم مورد استفاده، در این تحقیق، ۰.۳ میلی‌متر در نظر گرفته شده است؛ بنابراین، موقعیت نقاط روی نقشه با دقت ۰.۸ میلی‌متر (معادل ۸۰ سانتی‌متر در مقیاس ۱:۱۰۰۰ در زمین) روی نقشه کاغذی موجود است. حداکثر مقدار جابه‌جایی در روش پیشنهادی، مطابق جدول ۱، برابر ۷۴.۱۷ سانتی‌متر است که با توجه به استاندارد مورد نظر، در محدوده قابل قبول قرار می‌گیرد. بنابراین، نتایج برای حدنگاری قطعات زراعی و اراضی ملی راه، از نظر ثبتی، می‌توان پذیرفت.

شکل ۸ افزایش حداکثر مقدار جابه‌جایی رأس‌ها برای پنج‌ضلعی تا نه‌ضلعی را نشان می‌دهد زیرا، با افزایش تعداد اضلاع، مقدار تلورانس جابه‌جایی، با توجه به افزایش تعداد زوایا، افزایش می‌یابد. اما این مقدار برای ده‌ضلعی بسیار کاهش یافته است. البته باید توجه داشت که ده‌ضلعی دارای سه نقطه ثابت است که به محدود کردن تلورانس مقدار جابه‌جایی رئوس دیگر می‌انجامد. بنابراین، ممکن است وجود قیود اضافی، در رسیدن به نتایج صحیح‌تر، مؤثر باشد.

#### ۴- نتیجه‌گیری

مقادیر میانگین، حداکثر و حداقل مقدار جابه‌جایی با استفاده از روش سرشکنی به‌طور متوسط بدون در نظر گرفتن نقاط با مختصات معلوم به‌ترتیب برابر ۱۹.۳۱، ۲۶.۹۶ و ۱۰.۵۰ سانتی‌متر است که با لحاظ کردن مقیاس نقشه و خطای ضخامت ترسیمی روش پیشنهادی با توجه به تشخیص ندادن موقعیت نقاط با دقت بهتر از یک متر، عملکرد مطلوبی دارد. اگر این کار به‌صورت دستی انجام شود؛ اپراتور برای ایجاد

## ۵- پیشنهادها

در تحقیق حاضر، سرشکنی زوایای مشاهده شده در فرایند رقومی سازی چندضلعی، برای ایجاد تطابق طول اضلاع و مساحت، با در نظر داشتن رئوس مختصات دار ثابت انجام شد. باید توجه داشت که در برخی نقشه‌ها، افزون بر بیان طول اضلاع، محل قرارگیری این اضلاع روی عوارضی مانند سریال و رود بیان می‌شود. با توجه به در دسترس بودن ابزارهای پیشرفته، مانند تصاویر سنجش از دور و عکس‌های هوایی، امکان ترسیم دقیق تر این عوارض وجود دارد. در برخی کاربردها، در نظر داشتن موقعیت این عوارض به هنگام رقومی سازی اهمیت دارد؛ بنابراین، بیان روشی برای ایجاد انطباق اضلاع و رئوس چندضلعی‌های روی نقشه‌های کاغذی را، افزون بر رعایت طول اضلاع و مساحت، پیشنهاد می‌دهیم.

برای اجرای فرایند سرشکنی زوایا نیز، در تحقیق حاضر، از نرم افزار متلب استفاده شده است. اجرای این الگوریتم در نرم افزارهای مدیریت نقشه، مانند ArcGIS و اتوکد، با توجه به امکانات ویرایشی نقشه‌ها و صورت گرفتن تحلیل‌های مکانی، به کاربردی شدن روش پیشنهادی می‌انجامد.

## ۶- منابع

آیین‌نامه حدود و وظایف و تشکیلات تهیه نقشه املاک به صورت کاداستر و مقررات اجرایی آن موضوع تبصره ۳ ماده ۱۵۶ قانون ثبت اسناد و املاک، مصوب ۱۵ دی ۱۳۷۹ قوه قضائیه، ۱۳۷۹

<http://www.ssaa.ir/SubjectView/tabid/73/Cod.e/427/Default.aspx>

دستورالعمل‌های همسان نقشه برداری شماره ۱۱۹، ۱۳۸۶

<http://www.ncc.org.ir/HomePage.aspx?TabID=3680&Site=NCCPortal&Lang=fa-IR>

دیانت‌خواه، م.، ۱۳۸۸، نقشه برداری مهندسی، مرکز

نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان.

رمضانی، ع.، سعادت سرشت، م.، ۱۳۹۵، افزایش سازگاری نقشه‌های ثبتی با اطلاعات هندسی مندرج در اسناد ثبتی به روش نگاشت اجزاء محدود، مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، سال چهارم، شماره ۲، صص. ۱۳۷-۱۲۳.

شبکه موقعیت‌یابی یکپارچه مالکیت‌ها (شمیم)،

۱۳۹۶، <http://shamim.ssaa.ir>

قانون اصلاح قانون ثبت اسناد و املاک مصوب

۱۳۱۰ و قانون اشتباهات ثبتی و اسناد معارض،

۱۳۳۳، <http://rc.majlis.ir/fa/law/show/96882>

قانون جامع حدنگار (کاداستر) کشور، ۱۳۹۳،

<http://www.rrk.ir/Laws/ShowLaw.aspx?Code>

=4845

قانون مدنی، ۱۳۱۴، <http://rc.majlis.ir/fa/law/>

show/92778

کیایی، ع.، ۱۳۷۶، تفسیر مواد ۳۵۵ و ۳۸۴ قانون

مدنی و ماده ۱۴۹ قانون ثبت، دیدگاه‌های

حقوقی، شماره ۸، صص. ۱۰۹-۷۲.

لطفی، ص.، سالک قهفرخی، ر.، ۱۳۹۱، ارزیابی پیاده

سازی مدل سیستم رقومی کاداستر

چندمنظوره (مطالعه موردی: منطقه ۸

شهرداری تبریز)، سنجش از دور و GIS ایران،

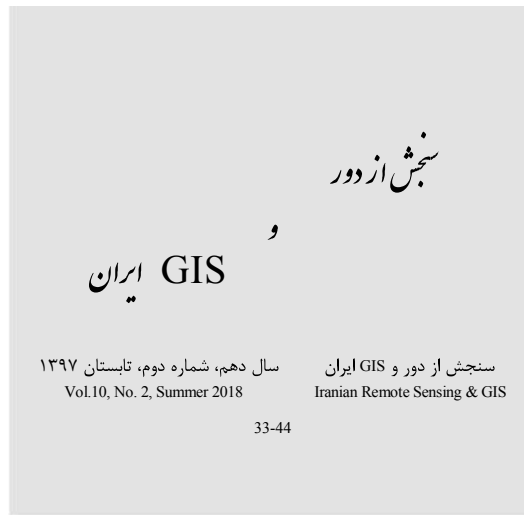
سال چهارم، شماره ۲، صص. ۹۷-۱۱۴.

Abbas, H.F., 2013, **Agricultural Cadastral Map Updating by High Resolution Satellite Images & GIS**, Doctoral dissertation, University of Baghdad.

Berk, S. & Ferlan, M., 2018, **Accurate Area Determination in the Cadaster: Case Study of Slovenia**, Cartography and Geographic Information Science, 45(1), PP. 1-17.

Bolstad, P.V., Gessler, P. & Lillesand, T.M., 1990, **Positional Uncertainty in Manually Digitized Map Data**, International Journal of Geographical Information System, 4(4), PP. 399-412.

- Brovelli, M.A. & Minghini, M., 2012, **Georeferencing Old Maps: A Polynomial-Based Approach for Como Historical Cadastres**, E-Perimtron, 7(3), PP. 97–110.
- Carter, D. & Heuangsavath, B., 2007, **Moving from a Successful to a Modern Cadastre in LAO PDR**, TS 6A–Case Studies on Land Administration Projects in Asia and the Pacific, PP. 1–14.
- Chrisman, N.R., 1987, **Efficient Digitizing through the Combination of Appropriate Hardware and Software for Error Detection and Editing**, International Journal of Geographical Information System, 1(3), PP. 265–277.
- Dunn, R., Harrison, A.R. & White, J.C., 1990, **Positional Accuracy and Measurement Error in Digital Databases of Land Use: An Empirical Study**, International Journal of Geographical Information System, 4(4), PP. 385–398.
- Mikhail, E.M. & Ackermann, F.E., 1976, **Observations and Least Squares**, University Press of America, New York.
- Roggero, M. & Soleti, A., 2015, **State of the Art in Digitization of Historical Maps and Analysis of their Metric Content**, Territorio Italia, 2015(1), PP. 33–50.
- Tong, X., Shi, W. & Liu, D., 2005, **A Least Squares-Based Method for Adjusting the Boundaries of Area Objects**, Photogrammetric Engineering & Remote sensing, 71(2), PP. 189–195.
- Tuno, N., Mulahusic, A. & Kogoj, D., 2017, **Improving the Positional Accuracy of Digital Cadastral Maps through Optimal Geometric Transformation**, Journal of Surveying Engineering, 143(3), PP. 1–12.
- Wan, W.Y. & Williamson, I.P., 1995, **A Review of the Digital Cadastral Databases in Australia & New Zealand**, Australian Surveyor, 40(1), PP. 41–52.
- Wassie, Y.A., Koeva, M.N., Bennett, R.M. & Lemmen, C.H.J., 2018, **A Procedure for semi-Automated Cadastral Boundary Feature Extraction from High-Resolution Satellite Imagery**, Journal of Spatial Science, 63(1), PP. 75–92.



## Making Digitization of Land Parcels Precise by Preserving Area and Dimensions

Hazeghi Aghdam, A.<sup>1\*</sup>, Helali, H.<sup>2</sup>, Alesheikh, A.A.<sup>3</sup>

1. M.Sc. of GIS, K.N. Toosi University of Technology
2. Ph.D. of GIS, K.N. Toosi University of Technology
3. Prof. of GIS, K.N. Toosi University of Technology

### Abstract

All of the old paper-based land documents should be transformed to digital georeferenced form. In digitization of parcels to be able to be imported into a cadastral system, the area of the digital form of the polygon should be in concordance with the analog document. However, during the digitization process, geometric properties, such as area, changes. Preserving the dimensions and area prevents the contradiction in documents and, registration and trading quarrels. In order to solve this problem, angles of the polygon vertexes are considered as observations by keeping the dimensions fixed and a method based on the least-square adjustment is proposed. Executing the invented process, the required concordance is acquired. For checking this method, a paper map having six parcels each with about one thousand m<sup>2</sup> area in 1:1000 scale is scanned and digitized by preserving area and dimensions. Results showed that the mean, maximum and minimum movement by using adjusting method is in average 19.31, 26.96 and 10.50 respectively that is acceptable from the land registration aspect because of map scale and cadastral law about cultivation and national parcels.

**Keywords:** Land parcels, Digitization, Preserving area, Preserving dimensions, Angles least squares adjustment.